



920MHz帯データ伝送用無線システムの評価

著者	北沢 祥一, 渡辺 拓哉, 上羽 正純
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2018
ページ	72-76
発行年	2019-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00010135

920 MHz 帯データ伝送用無線システムの評価

北沢 祥一（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

○渡辺 拓哉（航空宇宙システム工学系コース 学部4年）

上羽 正純（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

1. はじめに

本研究は複数の無人航空機 (UAV: Unmanned Aerial Vehicle)の飛行制御において重要な位置や姿勢等の情報を複数の UAV 間で通信を中継し、地上局へ伝送することを目的にしたマルチホップ無線システムに関するものであり、920 MHz 帯特定小電力無線機を用い開発を行った。本報告では開発した無線システムを用い取得した 920 MHz 帯の上空-地上間の電波伝搬特性および UAV に搭載する端末を用い位置情報をマルチホップ伝送した実験結果を示す。

本研究は、JKA 補助事業（オートレース補助事業）の「クラスタ無人航空機による長距離位置情報伝送システムの研究」によるものである。

2. 提案システム概要

位置情報データ伝送用マルチホップ無線システムの概要を図1に示す。UAV に搭載するシステムは自律飛行制御回路と慣性航法装置、小型マイコンボード、無線通信モジュールで構成されており、各 UAV が送信する情報は慣性航法装置が出力する GNSS(Global Navigation Satellite System)情報より緯度、経度、高度および時刻情報である。本システムでは通信の効率化のために最終的に3機分の情報を1パケットにまとめて地上局へ送信を行う。先頭の UAV(ST1:Station 1)が時刻および位置情報を送信すると、後続の UAV(ST2)は受信した ST1 の位置および電波強度である RSSI (Received Signal Strength Indication) データに自機の位置情報データを付加し、後続の ST3 へ送信する。ST3 も同様の処理を行い、3機の情報をまとめて地上局へと送信する。地上局は受信した位置情報をもとに指向性アンテナを搭載した二軸ジンバルで ST3 を追尾する。

本システムの目標性能は先頭の ST1 から地上局まで総距離 1.5 km で伝送遅延 1.5 秒以内である。

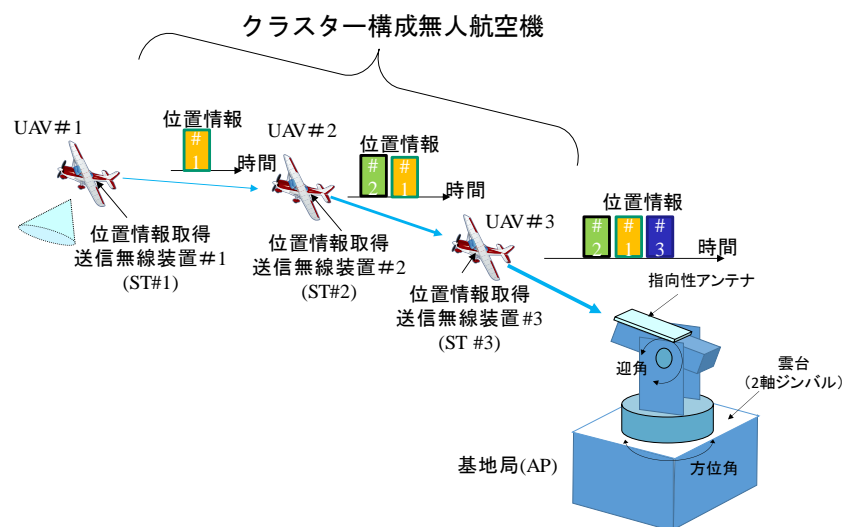


図1 クラスタ無人航空機による長距離位置情報伝送システムイメージ

3. 920 MHz 帯無線システム

3-1. UAV 搭載システム

UAV へ搭載するデータ伝送システムのブロック図を図 2 に示す。慣性航法装置には GNSS による位置情報を加速度、角速度を用い補正し高頻度で出力を行う東京航空計器(株)の CSM-MG200 を使用する。CPU ボードは Raspberry PI 3、無線モジュールには 920 MHz 帯の技術適合基準を取得しているインタープラン(株)の IM920XT を用いる。この無線モジュールの諸元を表 1 に示す。無線モジュールの送信ペイロード長は最大 64 byte であるため、3 機分の情報を 1 パケットで送信するために一機あたり位置情報は 18 byte にデータを削減し送信を行う。

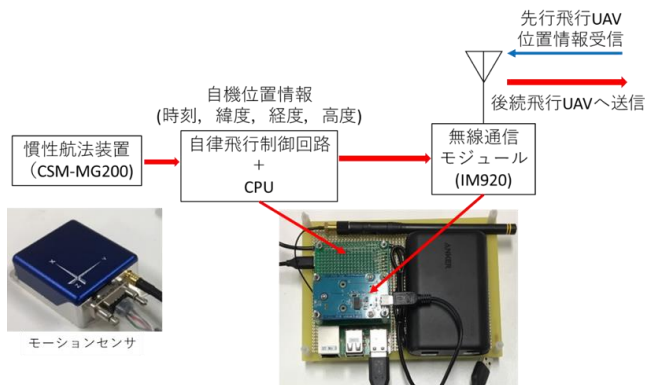


図 2 UAV 搭載システム構成図

表 1 無線通信モジュールの諸元

対応規格	920 MHz 特定小電力無線局 (ARIB STD-T108 準拠)
周波数	920.6~923.4 MHz 0.2 MHz ステップ 15Ch
送信出力	-10 dBm, 0 dBm, 10 dBm
変調方式	FSK
伝送速度	高速モード: 50 kbps 長距離モード: 1.25 kbps
キャリアセンス時間	高速時: 初回 5.2ms 以降 500μsec ± 3.5 % 長距離時: 5.2ms
ペイロード	64 byte
アンテナ利得	最大 1.9 dBi

3-2. 電波伝搬特性の検討

UAV 間の通信は見通し通信であるが、最後尾の ST3 と地上局の通信において大地反射波の影響があるため、920 MHz 帯での上空-地上間での電波伝播特性に関する検討を行った。直接波と大地反射波の干渉を考慮する 2 波モデルを用い電波伝搬特性のシミュレーションを行い、比較のため通信システムを搭載した UAV を白老滑空場にて飛行させ実際の電波伝搬特性の取得を行った。

2 波モデルの算出には電波伝搬特性の取得を行った冬季の地面環境を考慮し、さらにアンテナの放射特性は 3 次元電磁界解析によるアンテナ単体と UAV 搭載時それぞれの解析結果を用いた。また、2 波モデルを用いたシミュレーションにおいて反射波の干渉による受信電力の低下が予想されたため、反射波の抑圧のため八木・宇田アンテナを用いた場合の電波伝搬特性も同時に取得を行った。

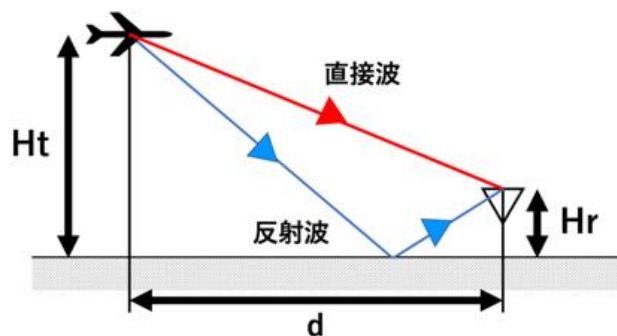


図 3 2 波モデル

電波伝搬特性の取得は、UAV を滑走路横の着陸帯と称す緑地上空を一定の高度で地上局から水平距離 50 m~500 m 間を手動操縦で飛行させ、地上局は UAV から送信された位置情報とその受信電力強度を記録する。無線機の送信出力は 10 dBm に設定し、160 ms 間隔で位置情報の送信を行う。UAV および地上局への無線機設置状況を図 4 に示す。UAV 搭載アンテナは UAV 機首下部に垂直に取り付け、地上局はフレネルゾーンを考慮し高さ 6 m にホイップアンテナを設置、八木宇田アンテナは仰角を 30 度程度にして高さ 1 m に設置した。



図 4 UAV および地上局への無線機設置状況

図 5 に地上局で受信した UAV の位置情報をプロットした図を示す。飛行は往路と復路で高度を変え、高度 140 m、100 m、50 m、30 m を目安に行った。図より、UAV が送信した位置情報を地上局において正常に受信できていること、また目標とした高度でおおよそ水平飛行していることがわかる。

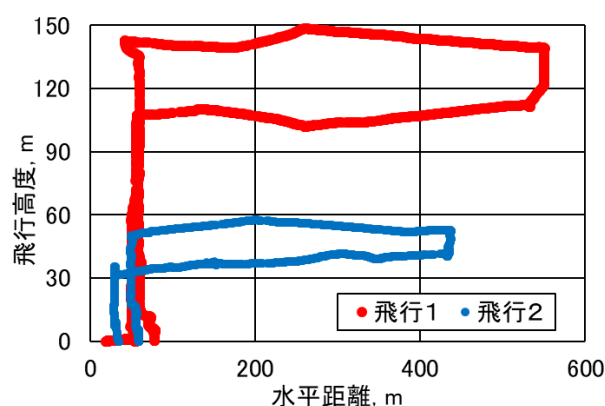


図 5 地上局で受信した UAV の飛行経路

2 波モデルによるシミュレーションと実際に取得した電波伝搬特性の比較を図 6 に示す。実線が 2 波モデルのシミュレーション値、黒マーカーはホイップアンテナの受信電力、青マーカーは八木・宇田アンテナの受信電力である。結果より 2 波モデルとホイップアンテナを用いて取得した受信電力がおおよそ一致していることがわかる。また、八木・宇田アンテナを使用した際は受信電力の全体的な向上とともに 2 波モデルのような受信電力の変動が見られないことから、地面反射波の抑圧が確認できる。

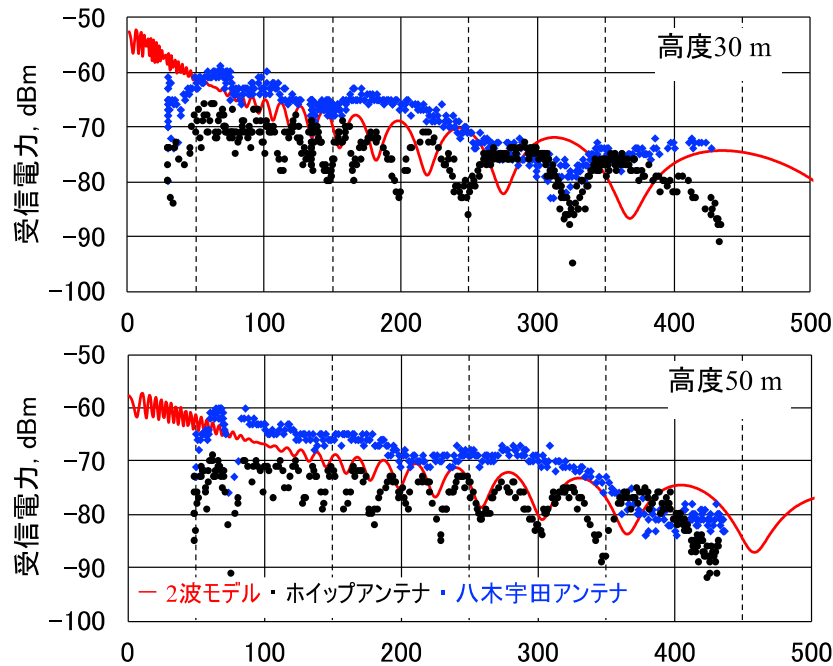


図6 2波モデルと実際の受信電力の比較

4. マルチホップシステムの性能評価

マルチホップシステムの性能評価を行うにあたり、総距離 1.5 km で UAV を複数飛行させる場所の確保は困難であるため、見通しの良い直線を確保できる海岸沿いの実験場所を選定し、地上での通信実験を行った。ST 機器は図 7 に示すようにフレネルゾーンの確保のため伸縮ポールに取り付け、高さ 4~5 m 程度で設置した。また、それぞれの ST を図 8 に示すように約 500 m 間隔で配置し、総延長 1.5 km で通信実験を行った。

実験結果は図 9 に示すように、最も遠い ST1 から最大で 1 秒以内にデータが到達しており、遅延 1.5 秒以内と定めた目標性能を達成した。また、地上局で八木宇田アンテナを使用した際、受信電力が 10 dB 程向上しており ST3 を追尾することでさらなる通信距離の延長を見込める。

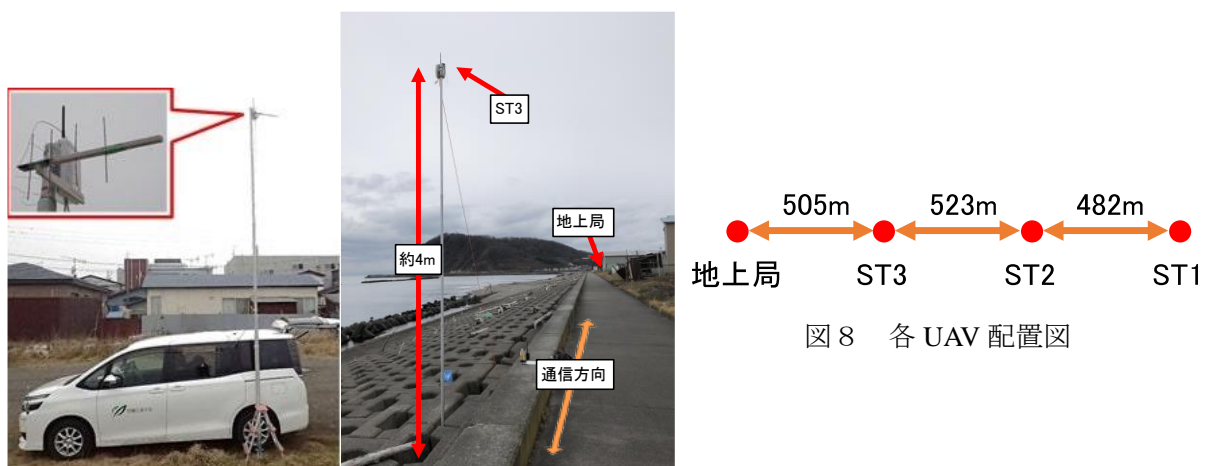


図7 地上局および ST3 設置図

図8 各 UAV 配置図

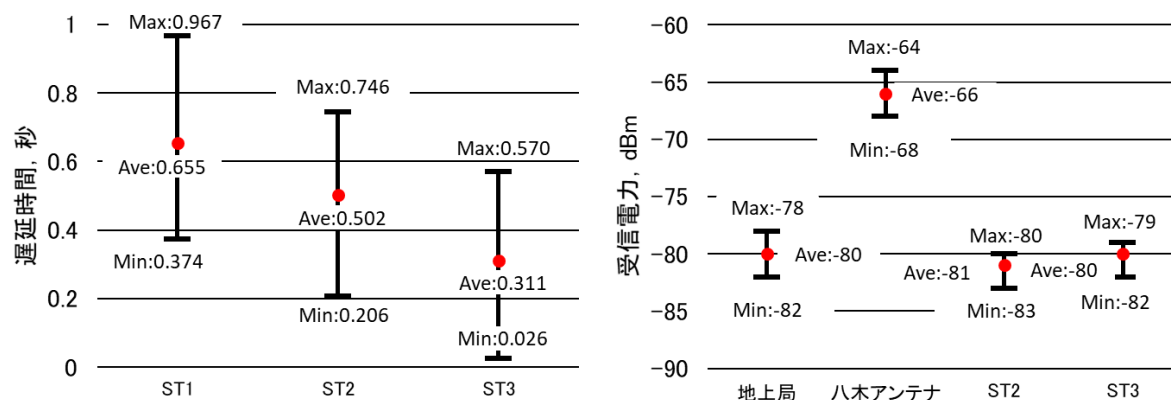


図9 1.5 km 伝送時の遅延時間と受信電力

参考文献

- [1] 北沢 祥一, 渡辺 拓哉, 上羽 正純, 無人航空機用の 920 MHz 帯データ伝送用無線システムの伝搬特性の基礎検討, 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, SANE2018-103, pp.75-79, 2019 年 1 月 24-25 日, 長崎市.
- [2] 渡辺 拓哉, 北沢 祥一, 上羽 正純, 無人航空機用通信における 920 MHz 帯の伝搬特性の検討, 電子情報通信学会総合大会, B-2-9, 2019 年 3 月 19-22 日, 東京都.
- [3] 渡辺拓哉, 920MHz 帯を用いた無人航空機遠隔監視用位置情報データ伝送無線システムの研究, 室蘭工業大学卒業論文, 2019 年 3 月.